

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2001264650  
PUBLICATION DATE : 26-09-01

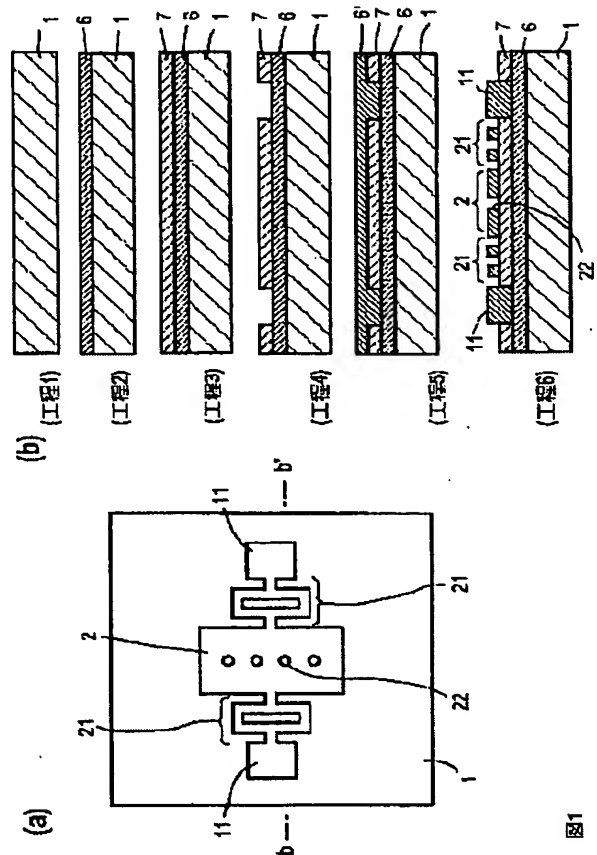
APPLICATION DATE : 14-03-00  
APPLICATION NUMBER : 2000070570

APPLICANT : JAPAN AVIATION ELECTRONICS  
INDUSTRY LTD;

INVENTOR : MORI KEIICHI;

INT.CL. : G02B 26/08 B81C 1/00

TITLE : MINUTE MOVABLE DEVICE AND ITS  
MANUFACTURING METHOD



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a minute movable device in which a fixed substrate and a movable plate do not adsorb, and its manufacturing method by remaining-forming a minute projection integrally to a mutually opposing surface of the both.

SOLUTION: In the minute movable device manufactured by a micromachining technology and having the fixed substrate 8 and the movable plate which is attached and combined in the fixed substrate 8 through an anchor part and a flexure, the minute movable device remaining-forming the minute projection to the mutually opposing surface of the fixed substrate 8 and the movable plate 2 integrally, and its manufacturing method are provided.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

1. The first part of the document is a letter from the President of the United States to the Congress, dated January 1, 1861. It is a very important document, as it sets out the President's policy for the new year. The President states that he is pleased to see the Congress assembled, and that he is confident that the country will be prosperous and happy under the guidance of the Congress.

2. The second part of the document is a letter from the Secretary of the Treasury to the Congress, dated January 1, 1861. It is a very important document, as it sets out the Secretary's policy for the new year. The Secretary states that he is pleased to see the Congress assembled, and that he is confident that the country will be prosperous and happy under the guidance of the Congress.

3. The third part of the document is a letter from the Secretary of the Interior to the Congress, dated January 1, 1861. It is a very important document, as it sets out the Secretary's policy for the new year. The Secretary states that he is pleased to see the Congress assembled, and that he is confident that the country will be prosperous and happy under the guidance of the Congress.

4. The fourth part of the document is a letter from the Secretary of the War to the Congress, dated January 1, 1861. It is a very important document, as it sets out the Secretary's policy for the new year. The Secretary states that he is pleased to see the Congress assembled, and that he is confident that the country will be prosperous and happy under the guidance of the Congress.

5. The fifth part of the document is a letter from the Secretary of the Navy to the Congress, dated January 1, 1861. It is a very important document, as it sets out the Secretary's policy for the new year. The Secretary states that he is pleased to see the Congress assembled, and that he is confident that the country will be prosperous and happy under the guidance of the Congress.

6. The sixth part of the document is a letter from the Secretary of the State to the Congress, dated January 1, 1861. It is a very important document, as it sets out the Secretary's policy for the new year. The Secretary states that he is pleased to see the Congress assembled, and that he is confident that the country will be prosperous and happy under the guidance of the Congress.

7. The seventh part of the document is a letter from the Secretary of the War to the Congress, dated January 1, 1861. It is a very important document, as it sets out the Secretary's policy for the new year. The Secretary states that he is pleased to see the Congress assembled, and that he is confident that the country will be prosperous and happy under the guidance of the Congress.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-264650

(P2001-264650A)

(43) 公開日 平成13年9月26日 (2001.9.26)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

G 0 2 B 26/08

B 8 1 C 1/00

F I

G 0 2 B 26/08

B 8 1 C 1/00

テームト(参考)

E 2 H 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数24 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2000-70570(P2000-70570)

(22) 出願日 平成12年3月14日 (2000.3.14)

(71) 出願人 000231073

日本航空電子工業株式会社

東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号

(72) 発明者 加藤 嘉睦

東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号 日本  
航空電子工業株式会社内

(72) 発明者 森 恵一

東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号 日本  
航空電子工業株式会社内

(74) 代理人 100066153

弁理士 草野 卓 (外1名)

Fターム(参考) 2H041 AA16 AB14 AC06 AZ01 AZ08

(54) 【発明の名称】 微小可動デバイスおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 固定基板と可動板の互いに対向する面に微小突起を一体に残存形成して両者が吸着しない微小可動デバイスおよびその製造方法を提供する。

【解決手段】 マイクロマシニング技術で製造され、固定基板8と、アンカー部およびフレクチュアを介して固定基板8に取付け結合される可動板2とを有する微小可動デバイスにおいて、固定基板8と可動板2の互いに対向する面に微小突起を一体に残存形成した微小可動デバイスおよびその製造方法。

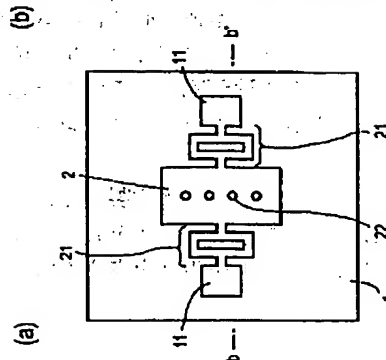
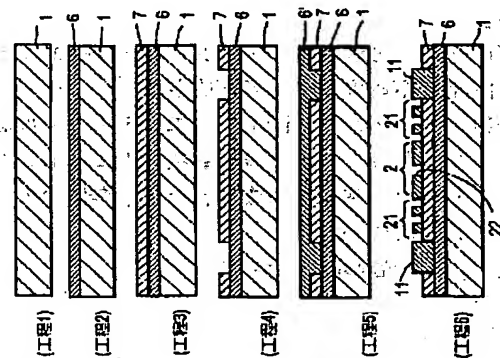


図1

図2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 マイクロマシニング技術で製造され、固定基板と、アンカー部およびフレクチュアを介して固定基板に取り付け結合される可動板とを有する微小可動デバイスの製造方法において、

最終的に固定基板とされるべきシリコン基板を準備し、エッチング液の侵入経路であるエッチチャネル層を形成すべきポリシリコン膜をシリコン基板の表面に成膜形成し、

ポリシリコン膜の表面に2酸化シリコン保護膜を成膜し、

アンカー部を形成する領域の2酸化シリコン保護膜を除去し、

2酸化シリコン保護膜除去領域を含み成膜形成されている2酸化シリコン保護膜の表面に第2のポリシリコン膜を成膜形成し、

第2のポリシリコン膜をエッチング加工して、可動板と、アンカー部と、フレクチュアとを形成すると共に可動板には更にエッチングホールを複数個エッチング加工により貫通形成し、

第2の2酸化シリコン保護膜を表裏全面に成膜形成し、表面の第2の2酸化シリコン保護膜および2酸化シリコン保護膜をポリシリコン膜の表面に到る深さまでパターニングし、

エッチング液に浸漬して、ポリシリコン膜より成るエッチチャネル層およびシリコン基板をエッチングしてシリコン基板上面に微小突起を一体に残存形成し、

2酸化シリコン保護膜を除去することを特徴とする微小可動デバイスの製造方法。

【請求項2】 請求項1に記載される微小可動デバイスの製造方法において、

可動板に形成される複数個のエッチングホールはエッチングホール間中間距離 $W$ を有して形成され、

シリコン基板のエッチング時間 $t$ が、エッチチャネル層のエッチングレート $R_1$ 、シリコン基板面のエッチングレート $R_2$ 、シリコン基板に形成された微小突起のエッチングレート $R_3$ について、

$t_1 < t < t_2$  の時間範囲において、

$$t_1 = W / R_1$$

$$t_2 = R_3 \cdot W / R_1 \cdot (R_3 - R_2)$$

なる時間 $t$ に設定され、シリコン基板の面における隣接する複数個のエッチングホール同志の中間に対応する位置にシリコン基板のエッチングの残留物として微小突起を形成することを特徴とする微小可動デバイスの製造方法。

【請求項3】 マイクロマシニング技術で製造され、固定基板と、アンカー部およびフレクチュアを介して支持フレームに取り付け結合される可動板とを有する微小可動デバイスの製造方法において、

最終的に支持フレームとされるべきシリコン基板を準備

し、

シリコン基板の表面に2酸化シリコン保護膜を成膜し、アンカー部を形成する領域の2酸化シリコン保護膜を除去し、

2酸化シリコン保護膜除去領域を含み2酸化シリコン保護膜の表面にポリシリコン膜を成膜形成し、

ポリシリコン膜をエッチング加工し、可動板と、アンカー部と、フレクチュアとを形成し、

第2の2酸化シリコン保護膜を表裏全面に成膜形成し、可動板およびフレクチュアに対応する第2の2酸化シリコン保護膜における裏面領域を除去し、

エッチング液によりシリコン基板をエッチングして座ぐり孔を形成し、

2酸化シリコン保護膜を除去し、

別に準備した微小突起が形成された固定基板を座ぐり孔に嵌合固定することを特徴とする微小可動デバイスの製造方法。

【請求項4】 マイクロマシニング技術で製造され、固定基板と、アンカー部およびフレクチュアを介して支持フレームに取り付け結合される可動板とを有する微小可動デバイスの製造方法において、

最終的に支持フレームとされるべきシリコン基板を準備し、

シリコン基板の表面に2酸化シリコン保護膜を成膜し、アンカー部を形成する領域の2酸化シリコン保護膜を除去し、

2酸化シリコン保護膜における可動板の位置する領域の一部を除去して微小凹部を形成し、

2酸化シリコン保護膜の表面にポリシリコン膜を成膜し、

ポリシリコン膜をエッチング加工し、可動板と、アンカー部と、フレクチュアとを形成し、

第2の2酸化シリコン保護膜を表裏全面に成膜形成し、可動板およびフレクチュアに対応する第2の2酸化シリコン保護膜の裏面領域を除去し、

エッチング液によりシリコン基板をエッチングして座ぐり孔を形成し、

残存する2酸化シリコン保護膜を除去し、

別に準備した固定基板を座ぐり孔に嵌合固定することを特徴とする微小可動デバイスの製造方法。

【請求項5】 マイクロマシニング技術で製造され、固定基板と、アンカー部およびフレクチュアを介して固定基板に取り付け結合される可動板とを有する微小可動デバイスの製造方法において、

最終的に固定基板とされるべきシリコン基板を準備し、エッチング液の侵入経路であるエッチチャネル層を形成するポリシリコン膜をシリコン基板の表面に成膜形成し、

ポリシリコン膜の表面に2酸化シリコン保護膜を成膜し、

し、

アンカー部を形成する領域の2酸化シリコン保護膜を除去し、

2酸化シリコン保護膜における後で形成される可動板の位置する領域の一部を除去して微小凹部を形成し、2酸化シリコン保護膜の表面に、アンカー部、フレクチュア、可動板を形成する第2のポリシリコン膜成膜し、第2のポリシリコン膜をエッチング加工して、アンカー部、フレクチュアおよび可動板を形成すると共に可動板にはエッチングホールを貫通形成し、

第2の2酸化シリコン保護膜を表裏全面に成膜形成し、表面の第2の2酸化シリコン保護膜および2酸化シリコン保護膜をポリシリコン膜の表面に到る深さまでパターニングし、エッチング液に浸漬し、ポリシリコン膜より成るエッチチャンネル層およびシリコン基板をエッチングし、2酸化シリコン保護膜の残存するものを除去することを特徴とする微小可動デバイスの製造方法。

【請求項6】 マイクロマシニング技術で製造され、固定基板と、アンカー部およびフレクチュアを介して固定基板或いは支持フレームに取り付け結合される可動板とを有する微小可動デバイスにおいて、固定基板と可動板の互いに対向する面に微小突起を一体に残存形成したことを特徴とする微小可動デバイス。

【請求項7】 請求項6に記載される微小可動デバイスにおいて、微小突起は固定基板の上面に形成したことを特徴とする微小可動デバイス。

【請求項8】 請求項7に記載される微小可動デバイスにおいて、固定基板と可動板との間には固定基板をエッチング除去して形成した空隙を有し、可動板と対向する固定基板の表面には、エッチチャンネル層に対してエッチング液が可動板側から侵入する複数のエッチングホール同志の中間に対向する位置に空隙を形成する固定基板のエッチングの残留物として形成された微小突起が形成されていることを特徴とする微小可動デバイス。

【請求項9】 請求項7に記載される微小可動デバイスにおいて、固定基板は可動板が一体に形成された支持フレームに貼り合わされた微小突起を表面に形成した固定基板より成るものであることを特徴とする微小可動デバイス。

【請求項10】 請求項6に記載される微小可動デバイスにおいて、微小突起は可動板の下面に形成したことを特徴とする微小可動デバイス。

【請求項11】 請求項10に記載される微小可動デバイスにおいて、シリコン基板の上面に保護膜を成膜し、保護膜を加工して可動板の微小突起が形成される部分に凹部を形成し、保護膜の上面に可動板形成層を成膜し、可動板形成層をエッチングして可動板を形成し、保護膜を除去して構成したことを特徴とする微小可動デバイス。

【請求項12】 請求項10に記載される微小可動デバイスにおいて、

シリコン基板の上面に保護膜を成膜し、保護膜を加工して可動板の微小突起が形成される部分に凹部を形成し、保護膜の上面に可動板形成層を成膜し、可動板形成層をエッチングして可動板を形成し、シリコン基板下面をエッチングして座ぐり孔を形成し、別に準備した固定基板を座ぐり孔に嵌合固定したことを特徴とする微小可動デバイス。

【請求項13】 マイクロマシニング技術で製作され、固定電極基板と、アンカー部およびフレクチュアを介して固定電極基板に取り付け結合される可動電極板と、可動電極板の上面に形成されるマイクロミラーとを有し、可動電極板を固定電極基板の面に垂直な方向に駆動して水平方向から入射される光ビームをスイッチングする光スイッチの製造方法において、最終的に固定電極基板とされるべきシリコン基板を準備し、

エッチング液の侵入経路を形成するエッチチャンネル層を形成すべきポリシリコン膜をシリコン基板の表面に成膜形成し、

ポリシリコン膜の表面に2酸化シリコン保護膜を成膜し、アンカー部を形成する領域の2酸化シリコン保護膜を除去し、

2酸化シリコン保護膜除去領域を含み成膜形成されている2酸化シリコン保護膜の表面に第2のポリシリコン膜を成膜形成し、

第2のポリシリコン膜をエッチング加工して、可動電極板と、アンカー部と、フレクチュアとを形成すると共に可動電極板には更にエッチングホールを複数個エッチング加工により貫通形成し、

第2の2酸化シリコン保護膜を表裏全面に成膜形成し、表面の第2の2酸化シリコン保護膜および2酸化シリコン保護膜をポリシリコン膜の表面に到る深さまでパターニングし、

可動電極板の上面にミラーを形成し、エッチング液に浸漬して、ポリシリコン膜より成るエッチチャンネル層およびシリコン基板をエッチングしてシリコン基板上面に微小突起を一体に残存形成し、残存する2酸化シリコン保護膜を除去することを特徴とする光スイッチの製造方法。

【請求項14】 請求項13に記載される光スイッチの製造方法において、

可動電極板に形成される複数個のエッチングホールはエッチングホール間中間距離 $W$ を有して形成され、シリコン基板のエッチング時間 $t$ が、エッチチャンネル層のエッチングレート $R_1$ 、シリコン基板面のエッチングレート $R_2$ 、シリコン基板に形成された微小突起のエッチングレート $R_3$ について、

$t_1 < t < t_2$  の時間範囲において、

$t_1 = W/R_1$

$$t_2 = R_3 \cdot W / R_1 (R_3 - R_2)$$

なる時間 $t_2$ に設定され、シリコン基板の面における隣接する複数のエッチングホール同志の中間に対応する位置にシリコン基板のエッチングの残留物として微小突起を形成することを特徴とする光スイッチの製造方法。

【請求項15】 マイクロマシニング技術で製作され、固定電極基板と、アンカー部およびフレクチュアを介して支持フレームに取り付け結合される可動電極板と、可動電極板の上面に形成されるマイクロミラーとを有し、可動電極板を固定電極基板の面に垂直な方向に駆動して水平方向から入射される光ビームをスイッチングする光スイッチの製造方法において、最終的に支持フレームとされるべきシリコン基板を準備し、シリコン基板の表面に2酸化シリコン保護膜を成膜し、アンカー部を形成する領域の2酸化シリコン保護膜を除去し、2酸化シリコン保護膜除去領域を含み2酸化シリコン保護膜の表面にポリシリコン膜を成膜形成し、ポリシリコン膜をエッチング加工し、可動電極板と、アンカー部と、フレクチュアとを形成し、第2の2酸化シリコン保護膜を表裏全面に成膜形成し、可動電極板およびフレクチュアに対応する第2の2酸化シリコン保護膜における裏面領域を除去し、可動電極板の上面にミラーを形成し、エッチング液によりシリコン基板をエッチングして座グリ孔を形成し、残存する2酸化シリコン保護膜を除去し、別に準備した表面に微小突起を形成した固定基板を座グリ孔に嵌合固定することを特徴とする光スイッチの製造方法。

【請求項16】 マイクロマシニング技術で製作され、固定電極基板と、アンカー部およびフレクチュアを介して支持フレームに取り付け結合される可動電極板と、可動電極板の上面に形成されるマイクロミラーとを有し、可動電極板を固定電極基板の面に垂直な方向に駆動して水平方向から入射される光ビームをスイッチングする光スイッチの製造方法において、最終的に支持フレームとされるべきシリコン基板を準備し、シリコン基板の表面に2酸化シリコン保護膜を成膜し、アンカー部を形成する領域の2酸化シリコン保護膜を除去し、2酸化シリコン保護膜における可動電極板の位置する領域の一部を除去して微小凹部を形成し、2酸化シリコン保護膜の表面にポリシリコン膜を成膜し、ポリシリコン膜をエッチング加工し、可動電極板と、アンカー部と、フレクチュアとを形成し、第2の2酸化シリコン保護膜を表裏全面に成膜形成し、

可動電極板およびフレクチュアに対応する第2の2酸化シリコン保護膜における裏面領域を除去し、可動電極板の上面にミラーを形成し、エッチング液によりシリコン基板をエッチングして座グリ孔を形成し、残存する2酸化シリコン保護膜を除去し、別に準備した固定電極基板を座グリ孔に嵌合固定することを特徴とする光スイッチの製造方法。

【請求項17】 マイクロマシニング技術で製作され、固定電極基板と、アンカー部およびフレクチュアを介して支持フレームに取り付け結合される可動電極板と、可動電極板の上面に形成されるマイクロミラーとを有し、可動電極板を固定電極基板の面に垂直な方向に駆動して水平方向から入射される光ビームをスイッチングする光スイッチの製造方法において、最終的に固定基板とされるべきシリコン基板を準備し、エッチング液の侵入経路であるエッチャネル層を形成するポリシリコン膜をシリコン基板の表面に成膜形成し、ポリシリコン膜の表面に2酸化シリコン保護膜を成膜し、アンカー部を形成する領域の2酸化シリコン保護膜を除去し、2酸化シリコン保護膜における後で形成される可動板の位置する領域の一部を除去して微小凹部を形成し、2酸化シリコン保護膜の表面に、アンカー部、フレクチュア、可動板を形成する第2のポリシリコン膜を成膜し、第2のポリシリコン膜をエッチング加工して、アンカー部、フレクチュアおよび可動板を形成すると共に可動板にはエッチングホールを貫通形成し、第2の2酸化シリコン保護膜を表裏全面に成膜形成し、表面の第2の2酸化シリコン保護膜および2酸化シリコン保護膜をポリシリコン膜の表面に到る深さまでパターニングし、エッチング液に浸漬し、ポリシリコン膜より成るエッチャネル層およびシリコン基板をエッチングし、可動電極板の上面にミラーを形成し、2酸化シリコン保護膜の残存するものを除去することを特徴とする光スイッチの製造方法。

【請求項18】 マイクロマシニング技術で製作され、固定電極基板と、アンカー部およびフレクチュアを介して固定電極基板或いは支持フレームに取り付け結合される可動電極板と、可動電極板の上面に形成されるマイクロミラーとを有し、可動電極板を固定電極基板の面に垂直な方向に駆動して水平方向から入射される光ビームをスイッチングする光スイッチにおいて、固定電極基板と可動電極板の互いに対向する面に微小突起を一体に残存形成したことを特徴とする光スイッチ。

【請求項19】 請求項18に記載される光スイッチにおいて、

微小突起は固定電極基板の上面に形成したことを特徴とする光スイッチ。

【請求項20】 請求項19に記載される光スイッチにおいて、

固定電極基板と可動電極板との間には固定電極基板をエッチング除去して形成した空隙を有し、

可動電極板と対向する固定電極基板の表面には、エッチャネル層に対してエッチング液が可動電極板側から侵入する複数のエッチングホール同志の中間に対向する位置に空隙を形成する固定電極基板のエッチングの残留物として形成された微小突起が形成されていることを特徴とする光スイッチ。

【請求項21】 請求項19に記載される光スイッチにおいて、

固定電極基板は可動電極板が一体に形成された支持フレームに貼り合わされた微小突起を表面に形成した固定基板より成るものであることを特徴とする光スイッチ。

【請求項22】 請求項18に記載される光スイッチにおいて、

微小突起は可動電極板の下面に形成したことを特徴とする光スイッチ。

【請求項23】 請求項22に記載される光スイッチにおいて、

シリコン基板の上面に保護膜を成膜し、保護膜を加工して可動電極板の微小突起が形成されるべき部分に凹部を形成し、保護膜の上面に可動電極板形成層を成膜形成し、可動電極板形成層をエッチングして可動電極板を形成し、保護膜を除去して構成されたことを特徴とする光スイッチ。

【請求項24】 請求項22に記載される光スイッチにおいて、

シリコン基板の上面に保護膜を成膜し、保護膜を加工して可動板の微小突起が形成される部分に凹部を形成し、保護膜の上面に可動板形成層を成膜し、可動板形成層をエッチングして可動板を形成し、シリコン基板下面をエッチングして座ぐり孔を形成し、別に準備した固定電極基板を座ぐり孔に嵌合固定したことを特徴とする光スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、微小可動デバイスおよびその製造方法に関し、特に、固定基板と可動板の互いに対向する面に微小突起を一体に形成した微小可動デバイスおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来例を図10を参照して説明する。図10は微小可動デバイスが光スイッチであるものとして例示している。図10(a)は従来例を上から見た図、図10(b)は図10(a)における線b-b'に沿った断面を矢印の向きに視た図である。図10において、

1は原材料基板であるシリコン基板を示す。2は可動板である可動電極板を示す。可動電極板2は、結合部211、フレクチュア部213、結合部212より成るフレクチュア21を介してシリコン基板1に形成されるアンカー部11に一体的に結合している。シリコン基板1、アンカー部11、結合部211、フレクチュア部213、結合部212は、シリコン基板1にマイクロマシニング技術を適用することにより形成する。フレクチュア部213は図示される通りの枠形に構成されている。12は座ぐり孔であり、シリコン基板1を貫通して形成される。シリコン基板1は結果として図10に示される通りの支持フレームに加工され、この支持フレームの形状構造のシリコン基板1に一体的に、左方のアンカー部11およびフレクチュア21、可動電極板2、右方のフレクチュア21およびアンカー部11が形成される。そして、可動電極板2の上面にミラー3を形成する。以下、光スイッチの製造工程を具体的に説明する。

【0003】原材料基板として特にシリコン基板を使用し、これに対して薄膜成膜技術、フォトリソグラフィ技術、エッチング技術を含むマイクロマシニング技術を適用して光スイッチを製造する。

(工程1) 原材料基板であるシリコン基板1を準備し、この上面全面に数 $\mu\text{m}$ 厚の2酸化シリコン被膜を形成する。

(工程2) 可動電極板2がシリコン基板1に固定されるところであるアンカー部11が形成されるべき領域に対応する2酸化シリコン被膜のみを数10 $\mu\text{m}$ 角にエッチング除去する。ここで、原材料のシリコン基板1上面の内の左右両辺の中間に1箇所づつ2酸化シリコン被膜が除去された露出領域が形成された。

【0004】(工程3) シリコン基板1上面の2酸化シリコン被膜の上面に露出領域を含めて数 $\mu\text{m}$ 厚のポリシリコン膜を成膜する。ここで、ポリシリコン膜はシリコン基板1上面の露出領域に一体化された状態でシリコン基板1上面の2酸化シリコン被膜の上面に成膜される。

(工程4) 工程3において成膜形成したポリシリコン膜にフォトリソグラフィ技術とエッチング技術を適用して、これを図10において陰を施した領域の形状に形成し、アンカー部11と、結合部212、フレクチュア部213、結合部211より成るフレクチュア21と、可動電極板2を形成する。

【0005】(工程5) シリコン基板1全体を2酸化シリコン膜で被覆する。

(工程6) シリコン基板1の下面について、座ぐり孔12を形成するに必要な形状の2酸化シリコン膜を除去する。

(工程7) シリコン基板1上面全面に数10 $\mu\text{m}$ 厚のレジストを塗布し、可動電極板2の上面にミラー形状3をパターンニングする。



(工程8) 金メッキ液に浸し、数10 $\mu$ mの高さのミラー3を形成し、残存するレジストを除去する。

【0006】(工程9) 水酸化カリウム水溶液に浸し、工程6において2酸化シリコン膜を除去されて露出したシリコン基板1の領域をエッチングして可動電極板2が上下移動する座ぐり孔12を貫通形成する。

(工程10) 残存した2酸化シリコン膜を除去する。ここで、この光スイッチを駆動するには、可動板である可動電極板2に対向する半導体シリコン基板より成る固定電極基板を準備して座ぐり孔12に接合固定する。両電極間に電圧を印加して発生する静電力により可動電極板2を静電駆動する。

【0007】図10を参照してこの光スイッチのスイッチング動作を説明する。4は出射側光ファイバ或は光導波路であり、5'は入射側光ファイバ或いは光導波路である。図示される状態は、出射側光ファイバ4を介して伝送されてきた光がその端面から出射して空間を伝播し、ミラー3において反射し、入射側光ファイバ5'に入射して伝送される状態を示す。この状態を定常状態とし、ここで、先の両電極間に電圧を印加して両電極間に吸引する向きの静電力が発生すると、可動電極板2は下向きに駆動され、フレクチュア21が変形することにより下方に変位することとなる。可動電極板2が下方に変位することによりこの上面に形成されているミラー3も可動電極板2と共に下方に変位し、ミラー3は出射側光ファイバ4端面から出射する光の光路から下方に変位して外れる。出射側光ファイバ4端面から出射する光の光路からミラー3が外れたことにより、遮断されていた空間伝播光は、今度は、直進して直接光LSして入射側光ファイバ5'に入射し、これを介して伝送される。入射側光ファイバ5'に対する反射光LRは消失する。以上の通りにして、入射側光ファイバ5'と入射側光ファイバ5'に対して光路の切り替えを透明合成樹脂その他の固体の光導波路を介することなしに空間的に実施することができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】以上の光スイッチにおいて、可動電極板2はその板厚が極く薄く、この可動電極板2をアンカー部11に連結するフレクチュア21の厚さも極く薄くて弾性復元力が小さい。そして、可動電極板2の下面は平滑であり、これに対向する他方の電極を構成する固定電極基板の上面も平滑である。これらの条件の元で、可動電極板2の下面が下方に変位して固定電極基板の上面に接触すると、両者は相互に吸着して瞬時には復元せず動作を円滑に行なわない場合が生ずる。ところで、この種の相互吸着は、対向する面の何れか一方に微小突起を形成してこれを阻止することができる(詳細は、特開平10-256563号公報参照)。

【0009】しかし、この公報に記載される微小突起形成工程を上記した形状構造の光スイッチに適用して可動

電極板およびこれに対向する固定電極基板の内の何れか一方に微小突起を形成しようとする場合、慣用されている光スイッチ製造工程に大きな変更を施さずして極力そのまま使用したい。これは光スイッチを製造する場合に限らず、比較的大面積の可動板およびこれに対向する固定基板を有して両基板の間の静電容量の変化、可動板の変位その他の変動を検出する各種の微小可動デバイスにおいても同様である。

【0010】この発明は、固定基板と可動板の互いに対向する面に微小突起を一体に形成することにより上述の問題を解消した微小可動デバイスおよびその製造方法を提供するものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】請求項1：マイクロマシニング技術で製造され、固定基板と、アンカー部11およびフレクチュア21を介して固定基板8に取り付け結合される可動板2とを有する微小可動デバイスの製造方法において、最終的に固定基板とされるべきシリコン基板1を準備し、エッチング液の侵入経路を形成するエッチチャンネル層を形成すべきポリシリコン膜6をシリコン基板1の表面に成膜形成し、ポリシリコン膜6の表面に2酸化シリコン保護膜7を成膜し、アンカー部11を形成する領域の2酸化シリコン保護膜を除去し、2酸化シリコン保護膜除去領域を含み成膜形成されている2酸化シリコン保護膜7の表面に第2のポリシリコン膜6'を成膜形成し、第2のポリシリコン膜6'をエッチング加工して、可動板2と、アンカー部11と、フレクチュア21とを形成すると共に可動板2には更にエッチングホール22を複数個エッチング加工により貫通形成し、第2の2酸化シリコン保護膜7'を表裏全面に成膜形成し、表面の第2の2酸化シリコン保護膜7'および2酸化シリコン保護膜7をポリシリコン膜6の表面に到る深さまでパターンニングし、エッチング液に浸漬して、ポリシリコン膜6より成るエッチチャンネル層およびシリコン基板1をエッチングしてシリコン基板1上面に微小突起13を一体に残存形成し、残存する2酸化シリコン保護膜を除去する微小可動デバイスの製造方法を構成した。

【0012】請求項2：請求項1に記載される微小可動デバイスの製造方法において、可動板2に形成される複数のエッチングホール22はエッチングホール間中間距離Wを有して形成され、シリコン基板のエッチング時間tが、エッチチャンネル層のエッチングレートR<sub>1</sub>、シリコン基板面のエッチングレートR<sub>2</sub>、シリコン基板1に形成された微小突起13のエッチングレートR<sub>3</sub>について、 $t_1 < t < t_2$ の時間範囲において、

$$t_1 = W/R_1$$

$$t_2 = R_3 \cdot W/R_1 \cdot (R_3 - R_2)$$

なる時間tに設定され、シリコン基板1の面における隣接する複数のエッチングホール22同志の中間に対応する位置にシリコン基板1のエッチングの残留物として微



小突起13を形成する微小可動デバイスの製造方法を構成した。

【0013】請求項3：マイクロマシニング技術で製造され、固定基板と、アンカー部11およびフレクチュア21を介して支持フレームに取り付け結合される可動板2とを有する微小可動デバイスの製造方法において、最終的に支持フレームとされるべきシリコン基板1を準備し、シリコン基板1の表面に2酸化シリコン保護膜7を成膜し、アンカー部11を形成する領域の2酸化シリコン保護膜を除去し、2酸化シリコン保護膜除去領域を含み2酸化シリコン保護膜7の表面にポリシリコン膜6を成膜形成し、ポリシリコン膜6をエッチング加工し、可動板2と、アンカー部11と、フレクチュア21とを形成し、第2の2酸化シリコン保護膜7'を表裏全面に成膜形成し、可動板2およびフレクチュア21に対応する第2の2酸化シリコン保護膜7'の裏面領域を除去し、エッチング液によりシリコン基板1をエッチングして座ぐり孔12を形成し、2酸化シリコン保護膜7'を除去し、別に準備した微小突起が形成される固定基板8を座ぐり孔12に嵌合固定する微小可動デバイスの製造方法を構成した。

【0014】請求項4：マイクロマシニング技術で製造され、固定基板と、アンカー部11およびフレクチュア21を介して支持フレームに取り付け結合される可動板2とを有する微小可動デバイスの製造方法において、最終的に支持フレームとされるべきシリコン基板1を準備し、シリコン基板1の表面に2酸化シリコン保護膜7を成膜し、アンカー部11を形成する領域の2酸化シリコン保護膜を除去し、2酸化シリコン保護膜7における可動板2の位置する領域の一部を除去して微小凹部71を形成し、2酸化シリコン保護膜7の表面にポリシリコン膜6を成膜し、ポリシリコン膜6をエッチング加工し、可動板2と、アンカー部11と、フレクチュア21とを形成し、第2の2酸化シリコン保護膜7'を表裏の全面に成膜形成し、可動板2およびフレクチュア21に対応する第2の2酸化シリコン保護膜7'の裏面領域を除去し、エッチング液によりシリコン基板1をエッチングして座ぐり孔12を形成し、残存する2酸化シリコン保護膜を除去し、別に準備した固定基板8を座ぐり孔12に嵌合固定する微小可動デバイスの製造方法を構成した。

【0015】請求項5：マイクロマシニング技術で製造され、固定基板と、アンカー部およびフレクチュアを介して固定基板に取り付け結合される可動板とを有する微小可動デバイスの製造方法において、最終的に固定基板とされるべきシリコン基板1を準備し、エッチング液の侵入経路であるエッチチャンネル層を形成するポリシリコン膜6をシリコン基板1の表面に成膜形成し、ポリシリコン膜6の表面に2酸化シリコン保護膜7を成膜し、アンカー部11を形成する領域の2酸化シリコン保護膜7を除去し、2酸化シリコン保護膜7における後で形成さ

れる可動板2の位置する領域の一部を除去して微小凹部71を形成し、2酸化シリコン保護膜7の表面に、アンカー部11、フレクチュア21、可動板2を形成する第2のポリシリコン膜6'を成膜し、第2のポリシリコン膜6'をエッチング加工して、アンカー部11、フレクチュア21および可動板2を形成すると共に可動板2にはエッチングホール22を貫通形成し、第2の2酸化シリコン保護膜7'を表裏全面に成膜形成し、表面の第2の2酸化シリコン保護膜7'および2酸化シリコン保護膜7をポリシリコン膜6の表面に到る深さ迄パターンングし、エッチング液に浸漬し、ポリシリコン膜6より成るエッチチャンネル層およびシリコン基板1をエッチングし、2酸化シリコン保護膜の残存するものを除去することを特徴とする微小可動デバイスの製造方法。

【0016】請求項6：マイクロマシニング技術で製造され、固定基板と、アンカー部11およびフレクチュア21を介して固定基板に取り付け結合される可動板2とを有する微小可動デバイスにおいて、固定基板と可動板2の互いに対向する面に微小突起13を一体に残存形成した微小可動デバイスを構成した。

請求項7：請求項6に記載される微小可動デバイスにおいて、微小突起13は固定基板の上面に形成した微小可動デバイスを構成した。

【0017】請求項8：請求項7に記載される微小可動デバイスにおいて、固定基板と可動板2との間には固定基板をエッチング除去して形成した空隙を有し、可動板2と対向する固定基板の表面には、エッチチャンネル層に対してエッチング液が可動板側から侵入する複数のエッチングホール22同志の中間に対向する位置に空隙を形成する固定基板のエッチングの残留物として形成された微小突起13が形成されている微小可動デバイスを構成した。

【0018】請求項9：請求項7に記載される微小可動デバイスにおいて、固定基板は可動板2が一体に形成された支持フレームに貼り合わされた微小突起を表面に形成した固定基板8より成るものである微小可動デバイスを構成した。

請求項10：請求項6に記載される微小可動デバイスにおいて微小突起13'は可動板2の下面に形成した微小可動デバイスを構成した。

請求項11：請求項10に記載される微小可動デバイスにおいて、シリコン基板1の上面に保護膜を成膜し、保護膜を加工し可動板の微小突起が形成される部分に凹部71を形成し、保護膜の上面に可動板形成層6を成膜し、可動板形成層6をエッチングして可動板2を形成し、保護膜を除去して構成した微小可動デバイスを構成した。

【0019】請求項12：請求項10に記載される微小可動デバイスにおいて、シリコン基板1の上面に保護膜を成膜し、保護膜を加工して可動板の微小突起13'が

形成される部分に凹部71を形成し、保護膜の上面に可動板形成層6を成膜し、可動板形成層6をエッチングして可動板2を形成し、シリコン基板1下面をエッチングして座ぐり孔12を形成し、別に準備した固定基板8を座ぐり孔12に嵌合固定した微小可動デバイスを構成した。

【0020】ここで、上述した微小可動デバイスおよびその製造方法において、特に、可動板の上面にミラーを形成することにより、請求項1ないし請求項12のそれぞれに対応して、可動板を固定基板の面に垂直な方向に駆動して水平方向から入射される光ビームをスイッチングする光スイッチおよびその製造方法を構成することができる。これについては、実施の形態の項において説明される。

【0021】

【発明の実施の形態】この発明の実施の形態を図1および図2の実施例1を参照して説明する。実施例1において、従来例と共通する部材には共通する参照符号を付与している。

(工程1) 最終的に固定基板とされるべきシリコン基板1を準備する。

(工程2) エッチング液の侵入経路であるエッチチャネル層をポリシリコン膜6をシリコン基板1の表面に成膜して形成する。

【0022】(工程3) ポリシリコン膜6の表面に2酸化シリコン保護膜7を成膜する。

(工程4) アンカー部11を形成する領域の2酸化シリコン保護膜7を除去する。除去されるべきアンカー部形成領域は、実際は、図示される領域より遥かに大きく設計される。

(工程5) 2酸化シリコン保護膜7除去領域を含み成膜形成されている2酸化シリコン保護膜7の表面に、アンカー部11と、結合部211と212およびフレクチュア部213を含むフレクチュア21と、可動板2とを形成すべき第2のポリシリコン膜6'を成膜形成する。

【0023】(工程6) 第2のポリシリコン膜6'をエッチング加工して、アンカー部11、フレクチュア21および可動板2を形成する。この場合、可動板2にはエッチングホール22もエッチング加工により貫通形成する。エッチングホール22は、隣接するエッチングホールの間の最大距離であるエッチングホール間中間距離をWとして設計位置決めする。なお、可動板2におけるエッチングホール22の形成位置については後で更に説明する。

【0024】(工程7) 第2の2酸化シリコン保護膜7'を表裏全面に成膜形成する。

(工程8) 表面の第2の2酸化シリコン保護膜7'および2酸化シリコン保護膜7を工程2のポリシリコン膜6の表面に到る深さまでパターンニングする。

(工程9) 水酸化カリウム水溶液に浸漬して、ポリシ

リコン膜6より成るエッチチャネル層およびシリコン基板1をエッチングする。なお、このエッチングについては後で詳細に説明する。

【0025】(工程10) 2酸化シリコン保護膜の残存するものを除去する。ここで、可動板2に対向するシリコン基板1の表面に微小突起13が残存形成された。以上の工程において、微小可動デバイスを光スイッチとするに必要とされるミラーを形成する工程は省略されているが、(工程8)と(工程9)の間に従来例の工程7および工程8を挿入してミラー3を形成する。ここで、工程7：シリコン基板1の上面全面に数10 $\mu$ m厚のレジストを塗布し、可動板2の上面にミラー形状にパターンニングする。工程8：金メッキ液に浸し、数10 $\mu$ mの高さのミラー3を形成し、残存するレジストを除去する。

【0026】微小可動デバイスを光スイッチに構成する場合、可動板2と固定基板1との間の接合部は電氣的に絶縁する必要がある。この絶縁の仕方としては、両者間に酸化被膜を形成する。また、固定基板1をn型シリコン半導体により構成し、可動板2をp型ポリシリコン半導体により構成してpn接合を形成する。このpn接合に逆バイアスをかけて可動板2と固定基板1との間を絶縁する。ここで、図3を参照して工程9におけるエッチングの進行および可動板におけるエッチングホールの形成位置について説明する。

【0027】図3(a)は可動板2におけるエッチングホール22の形成位置を説明する図である。図3(b)は露出しているポリシリコン膜6より成るエッチチャネル層は全てエッチング除去され、シリコン基板1のエッチング除去も表面から或る程度進行して微小突起13の先端が形成されるまでの過程を示す図である。図3(c)はエッチングが進行して微小突起13先端部のエッチング量がシリコン基板1表面のエッチング量に追いつく過程を示す図である。図3(d)はエッチングが時間 $t_2$ を経過し、更に進行して微小突起13を表面から消滅せしめたところを示す図である。図3(e)はエッチング量と時間の関係を示す図である。

【0028】ここで、

W：隣接エッチングホール間中間距離

$R_1$ ：エッチチャネル層のエッチングレート

$R_2$ ：シリコン基板(100)面のエッチングレート

$R_3$ ：シリコン基板に形成された微小突起のエッチングレート

d：可動板とシリコン基板との間のギャップ

h：微小突起の高さ

t：エッチング時間

$t_1$ ：エッチチャネル層の横方向のエッチングが距離Wに到達し、微小突起が形成されるまでの時間

$t_2$ ：微小突起先端部のエッチング量がシリコン基板表面のエッチング量に追いつくまでの時間である。

【0029】図3(c)を参照するに、エッチング時間  $t$  を

$$t_1 < t < t_2$$

に亘って実施することにより、シリコン基板1の表面に微小突起13を形成することができる。 $t_1 < t < t_2$ の時間範囲において、

$$t_1 = W/R_1 \quad \text{①}$$

$$t_2 = R_3 W/R_1 (R_3 - R_2) \quad \text{②}$$

$$h = R_2 (t - R_3 (t - W/R_1)) \quad \text{③}$$

$$d = R_2 t \quad \text{④}$$

ここで、可動板とシリコン基板との間のギャップ  $d$ 、および微小突起の高さ  $h$  は設計値であり、エッチャネル層のエッチングレート  $R_1$ 、シリコン基板(100)面のエッチングレート  $R_2$  およびシリコン基板に形成された微小突起のエッチングレート  $R_3$  は実験値である。これら設計値および実験値が決定したところで、①～④を満足する  $W$  および  $t$  を決定する。

【0030】(実施例2) 図4および図5を参照して実施例2を説明する。実施例2において、従来例と共通する部材には共通する参照符号を付与している。(工程1) 最終的に支持フレームとされるべきシリコン基板1を準備する。

(工程2) シリコン基板1の表面に2酸化シリコン保護膜7を成膜する。

(工程3) アンカー部11を形成する領域の2酸化シリコン保護膜7を除去する。

【0031】(工程4) 工程3における2酸化シリコン保護膜7除去領域を含み2酸化シリコン保護膜7の表面にアンカー部11、フレクチュア21および可動板2を形成すべきポリシリコン膜6を成膜形成する。

(工程5) ポリシリコン膜6をエッチング加工し、アンカー部11、フレクチュア21および可動板2を形成する。

(工程6) 第2の2酸化シリコン保護膜7'を表裏全面に成膜形成する。

【0032】(工程7) フレクチュア21および可動板2に対応する第2の2酸化シリコン保護膜7'の裏面領域を除去する。

(工程8) 水酸化カリウム水溶液により、シリコン基板1をエッチングして座ぐり孔12を形成する。

(工程9) 残存する2酸化シリコン保護膜を除去する。

(工程10) 表面に微小突起13を形成した固定基板8を座ぐり孔12に嵌合貼り合わせる。

【0033】表面に微小突起13を形成した固定基板8は以下の通りに構成する。固定基板8を形成すべきシリコン基板を準備し、シリコン基板の上面に2酸化シリコンより成る保護膜を成膜形成し、この保護膜を微小突起に対応する部分のみ残存するパターンニングを実施し、このパターンニングを実施された保護膜を有するシリコン基

板を水酸化カリウム水溶液でエッチングし、微小突起13が形成されたところでエッチングを停止する。微小突起13を形成した固定基板8は、周縁部をエッチング除去して鋸部82を形成することにより中央隆起部81を構成し、中央隆起部81をシリコン基板1をエッチングして形成した座ぐり孔12に嵌合固定する。固定基板8に中央隆起部81を形成しておくこと、嵌合貼り合せにおける位置合せが容易になる。また、この際に、中央隆起部81の高さを適切に設定することにより、嵌合固定後の可動板2のストロークを所望の寸法に設定することができる。

【0034】この固定基板8を座ぐり孔12に嵌合貼り合わせるには、接着剤を使用する他に、静電接合技術を使用することができる。この静電接合を実施するには、座ぐり孔12に形成されている2酸化シリコン被膜を除去しないで、この被膜にシリコン基板より成る固定基板8を当接し、適切な温度および電圧条件の元で接合する。或いは、座ぐり孔12側に酸化被膜を残さず、固定基板8側に酸化被膜を成膜して静電接合を実施する。

【0035】以上の工程において、微小可動デバイスを光スイッチとするに必要とされるミラーを形成する工程は省略されているが、(工程7)と(工程8)の間に従来例の工程7および工程8を挿入してミラー3を形成する。ここで、工程7：シリコン基板1上面全面に数10  $\mu\text{m}$ 厚のレジストを塗布し、可動板2の上面にミラー形状にパターンニングする。工程8：金メッキ液に浸し、数10  $\mu\text{m}$ の高さのミラー3を形成し、残存するレジストを除去する。

【0036】図6および図7を参照して実施例3を説明する。実施例3において、従来例と共通する部材には共通する参照符号を付与している。

(工程1) 最終的に支持フレームとされるべきシリコン基板1を準備する。

(工程2) シリコン基板1の表面に2酸化シリコン保護膜7を成膜する。

(工程3) アンカー部11を形成する領域の2酸化シリコン保護膜7を除去する。

【0037】(工程4) 2酸化シリコン保護膜7における後の工程において形成される可動板2の位置する領域の一部を除去して微小凹部71を形成する。

(工程5) 2酸化シリコン保護膜7の表面に、アンカー部11、フレクチュア21、可動板2の形成層をポリシリコン膜6を成膜して形成する。

(工程6) ポリシリコン膜6をエッチング加工し、アンカー部11、フレクチュア21および可動板2を形成する。可動板2の下面には、2酸化シリコン保護膜7が除去された際に、13'により示される微小突起が形成される。

【0038】(工程7) 第2の2酸化シリコン保護膜7'を表裏全面に成膜形成する。

(工程8) フレクチュア21および可動板2に対応する第2の2酸化シリコン保護膜7'の裏面領域を除去する。

(工程9) 水酸化カリウム水溶液によりシリコン基板1をエッチングして座ぐり孔12を形成する。

(工程10) 残存する2酸化シリコン保護膜を除去する。ここで、微小突起13が可動板2の下面に形成された。

【0039】(工程11) 別に準備した固定基板8を座ぐり孔12に嵌合固定する。

以上の工程において、微小可動デバイスを光スイッチとすることに必要とされるミラーを形成する工程は省略されているが、(工程8)と(工程9)の間に従来例の工程7および工程8に対応する工程を挿入してミラー3を形成する。工程7:シリコン基板1上面全面に数10 $\mu$ m厚のレジストを塗布し、可動板2の上面にミラー形状にパターンニングする。工程8:金メッキ液に浸し、数10 $\mu$ mの高さのミラー3を形成し、残存するレジストを除去する。

【0040】ここで、実施例3の変形例である実施例4を図8および図9を参照して説明する。

(工程1) 最終的に固定基板とされるべきシリコン基板1を準備する。

(工程2) エッチング液の侵入経路であるエッチチャネル層を形成するポリシリコン膜6をシリコン基板1の表面に成膜形成する。

(工程3) ポリシリコン膜6の表面に2酸化シリコン保護膜7を成膜する。

【0041】(工程4) アンカー部11を形成する領域の2酸化シリコン保護膜7を除去する。

(工程5) 2酸化シリコン保護膜7における後の工程において形成される可動板2の位置する領域の一部を除去して微小凹部71を形成する。

(工程6) 2酸化シリコン保護膜7の表面に、アンカー部11、フレクチュア21、可動板2の形成層を第2のポリシリコン膜6'を成膜して形成する。

【0042】(工程7) 第2のポリシリコン膜6'をエッチング加工して、アンカー部11、フレクチュア21および可動板2を形成する。可動板2には、エッチングホール22もエッチング加工により貫通形成する。

(工程8) 第2の2酸化シリコン保護膜7'を表裏全面に成膜形成する。

(工程9) 表面の第2の2酸化シリコン保護膜7'および2酸化シリコン保護膜7を工程2のポリシリコン膜6の表面に到る深さまでパターンニングする。

【0043】(工程10) 水酸化カリウム水溶液に浸漬し、ポリシリコン膜6より成るエッチチャネル層およびシリコン基板1をエッチングする。

(工程11) 2酸化シリコン保護膜の残存するものを除去する。ここで、下面に微小突起13'が形成された

可動板2が形成された。この工程においても、微小可動デバイスを光スイッチとすることに必要とされるミラーを形成する工程は、(工程9)と(工程10)の間に従来例の工程7および工程8を挿入してミラー3を形成する。

【0044】以上の通りにして構成されたこの発明の微小可動デバイスは、半導体加速度計の如きセンサデバイス、光スイッチの如きアクチュエータデバイスとして使用することができる。光スイッチ以外のアクチュエータデバイスとしては、表面がミラーとされた可動板が基板表面と平行な軸の周りに有限な角度範囲で回動可能であり、ミラーの方位を変化することにより反射光の向きを偏向する光スキャナがある。そして、この光スキャナを素子として多数個マトリクス状に配列して形成したミラーデバイスを構成することができる。

【0045】

【発明の効果】以上の通りであって、加速度計或いはスキャナの如き本来の正常な動作においては可動板と固定基板の間の面接触が生起しない微小可動デバイスにおいても、衝撃入力時の如き異常事態の発生時には変形的な面接触が生起し、その際に面相互間が一時的に吸着して正常な動作が妨げられることがあるが、この発明によれば、微小可動デバイスを構成する固定基板と可動板の互いに対向する面に微小突起を一体に残存形成したことにより、可動板が固定基板に変形的に面接触する際の接触面積を極めて小さくすることができる。これにより、固定基板と可動板の相互吸着による微小可動デバイスの機能停止は防止され、その信頼性は格段に向上する。そして、吸着の原因の一つとなり得る水分の影響を受け難くなったことにより、微小可動デバイスのパッケージを簡略化することができる。

【0046】そして、図1ないし図3を参照して説明される微小可動デバイスの製造方法によれば、エッチングホールを可動板に適正に設計構成することにより、微小突起形成の新たな工程を格別に加重することなく、微小可動デバイスの慣用されている製造工程を殆どそのまま採用して微小可動デバイスを製造することができる。また、エッチングホールの設計についても、可動板とシリコン基板との間のギャップd、および微小突起の高さhは設計値であり、そして、エッチチャネル層のエッチングレートR<sub>1</sub>、シリコン基板面のエッチングレートR<sub>2</sub>およびシリコン基板に形成された微小突起のエッチングレートR<sub>3</sub>は実験値であるので、これら設計値および実験値を決定しさえすれば、適正なエッチング時間およびエッチングホール間中間距離Wを容易に求めることができる。

【0047】また、図4および図5を参照して説明される微小可動デバイスの製造方法によれば、可動板が一体に形成された支持フレームの製造工程は従来の製造工程そのものである。この場合、微小突起を表面に残存形成した固定基板を別に形成して支持フレームに貼り合わせ

て使用するが、この固定基板も、シリコン基板の上面に2酸化シリコンより成る保護膜を成膜形成し、この保護膜を微小突起に対応する部分のみ残存するパターニングを実施し、このパターニングを実施された保護膜を有するシリコン基板を水酸化カリウム水溶液でエッチングし、微小突起が形成されたところでエッチングを停止することにより、極く簡単に製造することができる。

【0048】更に、図6および図7を参照して説明される微小可動デバイスの製造方法によれば、微小突起は可動板の下面に形成する微小可動デバイスが製造される。この製造方法も、可動板が一体に形成された支持フレームの製造工程は従来の製造工程そのものである。そして、この支持フレームに嵌合される固定基板は、微小突起が可動板の下面に形成されているところから、微小突起が形成されない単なる基板で差し支えないので、簡単に製造することができる。

【0049】また、図8および図9を参照して説明される微小可動デバイスの製造方法によっても、微小突起は可動板の下面に形成する微小可動デバイスが製造され、一連の工程により固定基板まで連続的に製造することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】実施例を説明する図。

【図2】図1の続き。

【図3】エッチングホールを説明する図。

【図4】他の実施例を説明する図。

【図5】図4の続き。

【図6】更なる他の実施例を説明する図。

【図7】図6の続き。

【図8】他の実施例を説明する図。

【図9】図8の続き。

【図10】従来例を説明する図。

#### 【符号の説明】

- 1 シリコン基板
- 11 アンカー部
- 12 座ぐり孔
- 13 微小突起
- 2 可動板
- 21 フレクチュア
- 211 結合部
- 212 結合部
- 22 エッチングホール
- 6 ポリシリコン膜
- 6' 第2のポリシリコン膜
- 7 2酸化シリコン保護膜
- 7' 第2の2酸化シリコン保護膜
- 8 固定基板
- 81 中央隆起部
- 82 鋸部

【図1】

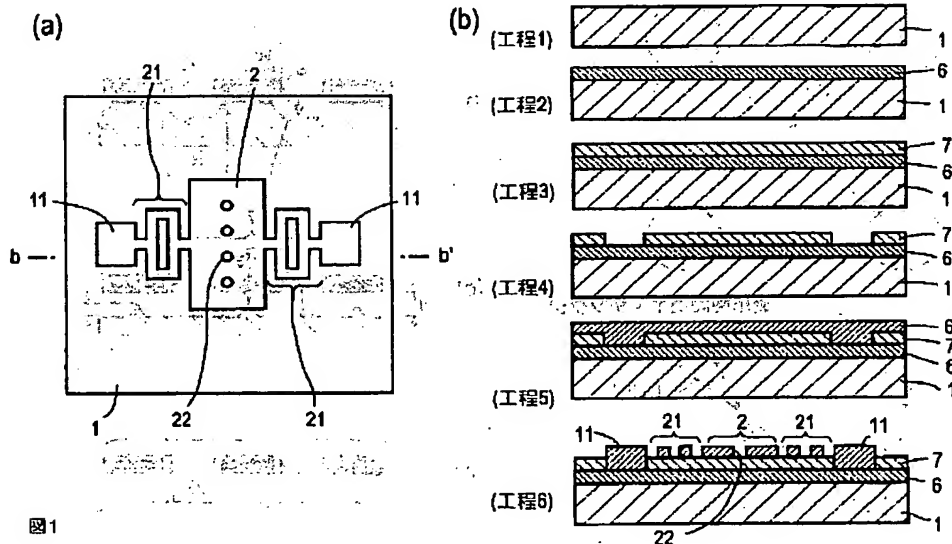


図1

【図2】

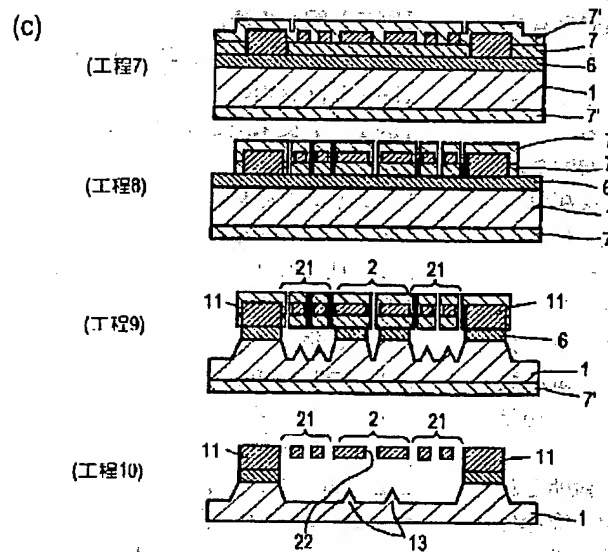


図2

【図3】

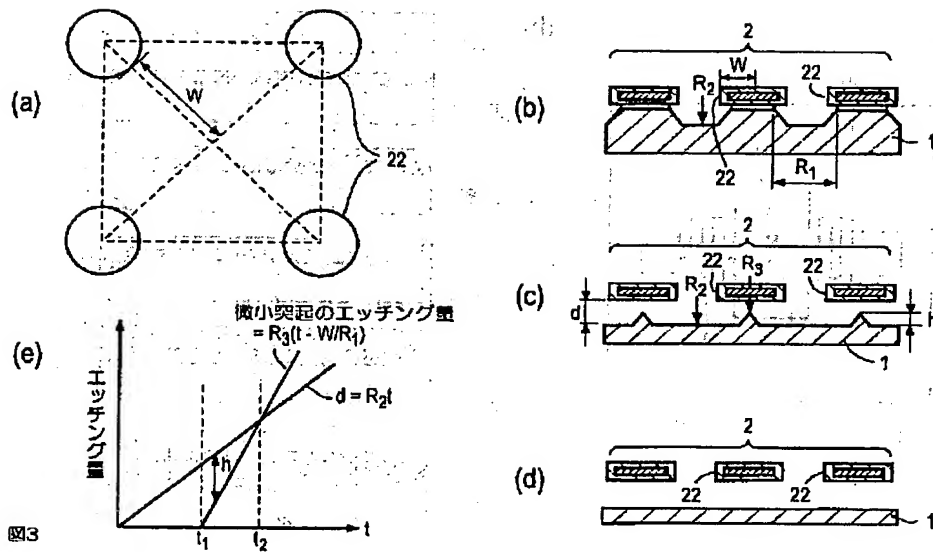


図3

【图4】

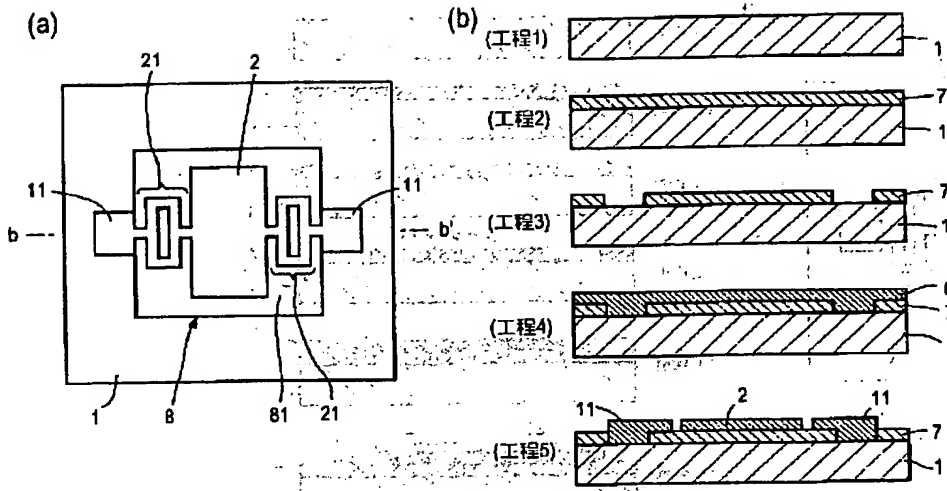


图4

【图5】

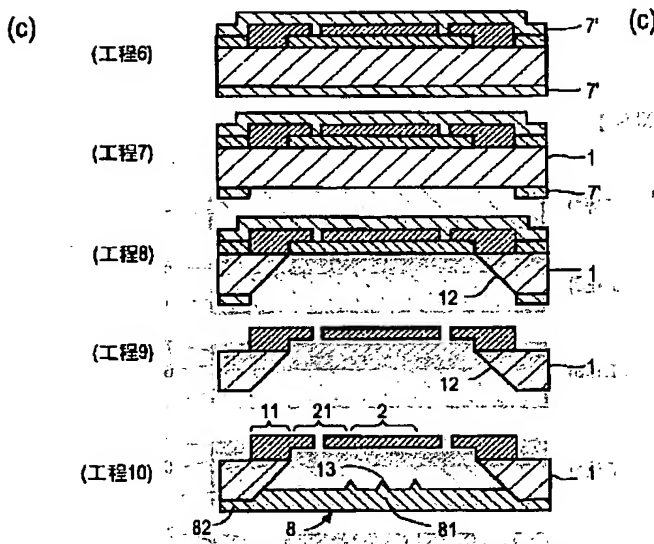


图5

【图7】

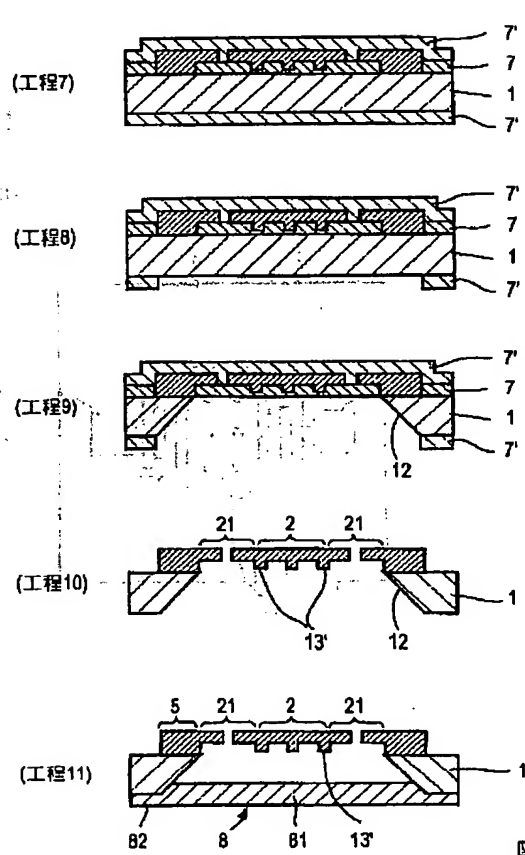


图7



【図6】

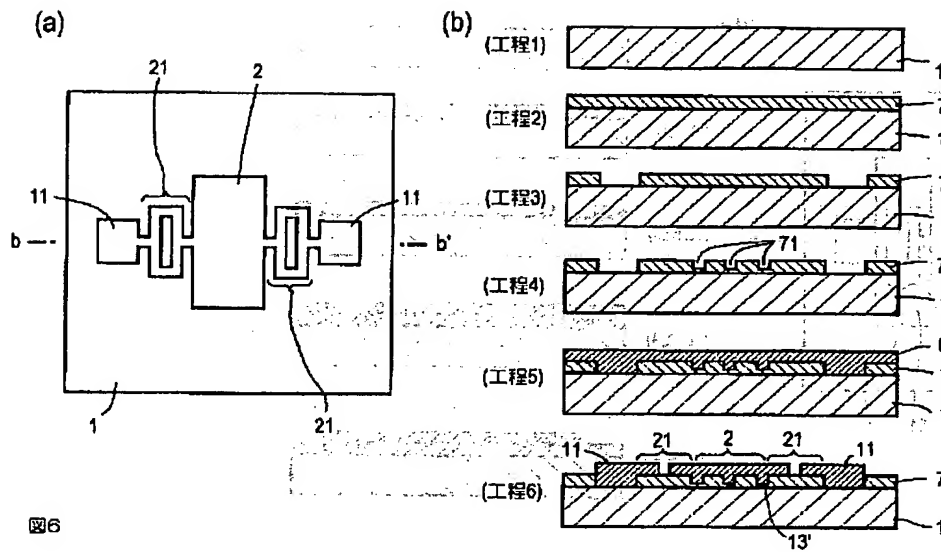


図6

【図8】

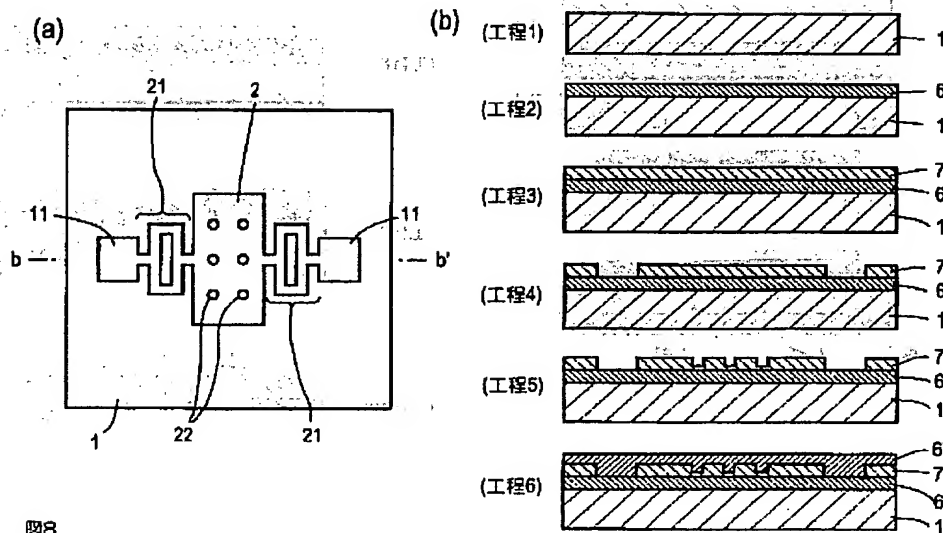


図8

【图9】

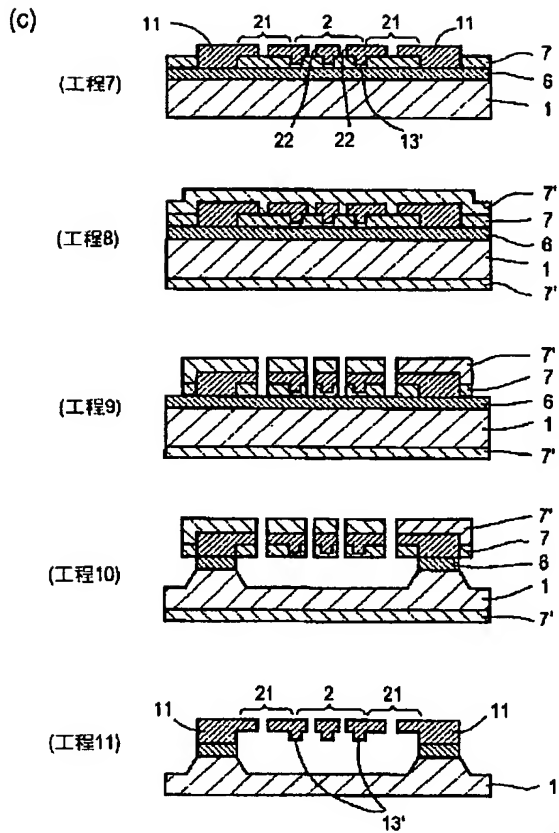
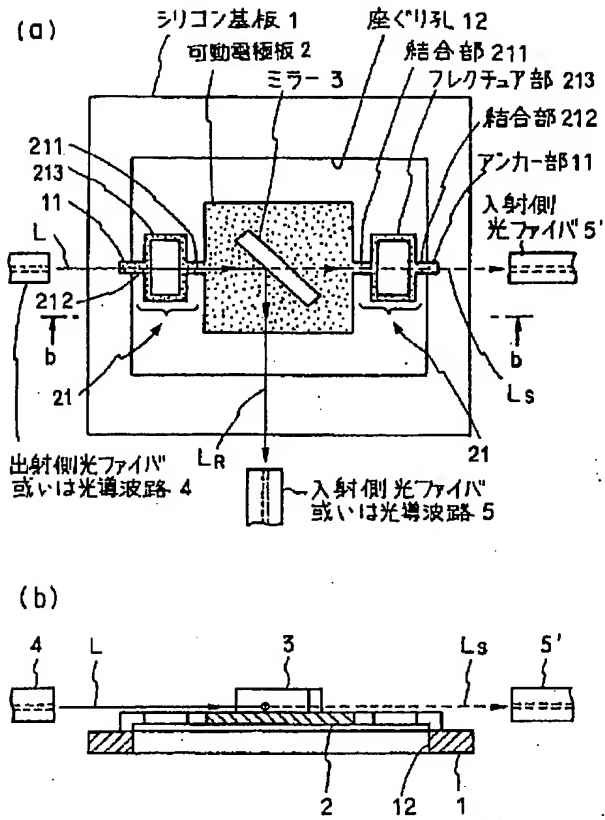


图9

【図 10】



**10**

1. The first part of the report is a general description of the project and its objectives. It includes a brief history of the project and a statement of the problem to be solved. The second part of the report is a detailed description of the methodology used in the study. This includes a description of the data collection methods, the statistical methods used to analyze the data, and the results of the analysis. The third part of the report is a discussion of the results of the study and their implications for the field. This includes a comparison of the results with previous studies and a discussion of the limitations of the study.

The results of the study show that the proposed method is effective in solving the problem. The results are compared with previous studies and the limitations of the study are discussed.

The first part of the report is a general description of the project and its objectives. It includes a brief history of the project and a statement of the problem to be solved.

The second part of the report is a detailed description of the methodology used in the study. This includes a description of the data collection methods, the statistical methods used to analyze the data, and the results of the analysis.

The third part of the report is a discussion of the results of the study and their implications for the field. This includes a comparison of the results with previous studies and a discussion of the limitations of the study.

The results of the study show that the proposed method is effective in solving the problem. The results are compared with previous studies and the limitations of the study are discussed.

The first part of the report is a general description of the project and its objectives. It includes a brief history of the project and a statement of the problem to be solved.